

# 小型群ロボットの協調行動観察のための基盤づくりの技術開発

第三技術室 システム設計技術班 白井 治彦

## 1 はじめに

この研修では、小型群ロボットの製作に関する開発技術、およびその行動を観察するための環境づくりの修得を目的とした。

これまでに高機能を有するロボットが数多く開発され、現在ではほとんど人間のような知能ロボットも登場している。一方、単体では比較的単純な構造や動作しか持たないロボット、すなわち、壁などの障害物を避ける、他のロボットに近付いたり離れたりするだけの機能(いわゆる反射機能)しか持たないロボット(エージェント)でも、同じ環境内に置かれた多くのロボット群の行動には、個々のエージェント同士の相互作用により、自然界の生物の集団に見られるような協調行動を観察することができると云われている[3, 4]。派遣先の研究室でも研究題材のひとつとしてコンピュータ・シミュレーションなどによって幾つか実現されている。しかし、ロボット実機を用いた行動観察となると、製造技術やコストの関係上実現がなかなか難しいのが現状である。

そこで本研修では、このような用途の小型群ロボットを、我々のような大学研究室レベルでも大量に製作可能とし、また、実機を用いたエージェントの協調行動観察を実現するため、ロボット自身の構造が比較的簡単で低コストとなるような開発技術の確立を目指した。今回の成果として、群ロボットの相互作用や協調行動を観察するために最低限必要と思われるエージェント数3体の同規格ロボットを製作した。これにより実機によるロボットの行動観察をするための土台づくりができた。

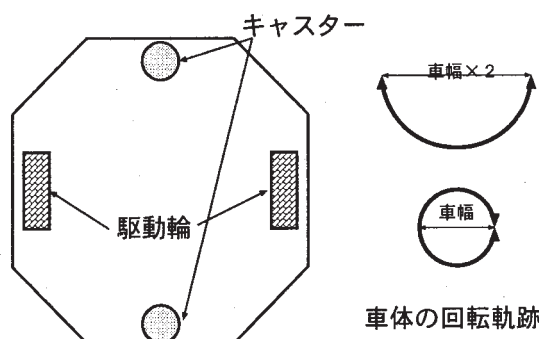
## 2 協調行動観察のためのシステム構築

小型群ロボット間の協調行動や相互作用を観察するためには、大きく分けて2つのシステムづくりが必要となる。

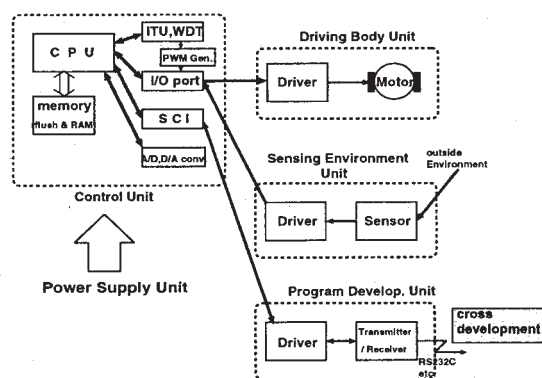
ひとつはあらかじめ決められたある程度の動作ができ、また、周りの環境を認識しながらそれに応じた行動判断ができるロボット単体のシステムである。これらのロボットを複数台用いることにより各ロボット間の協調行動を起こさせる。

もうひとつは全てのロボットの位置や動作を常に把握するため、テレビカメラなどで逐次監視を続けて、記録や集計および行動の評価を行なうような行動観察システムである。

今回の研修では時間の制約上、ロボット単体のシステムづくりを最初に手掛けた。実際に研修で行なった設計や製作・課題等について述べる。



(A) 駆動方式と車体の回転軌跡



(B) 自律型ロボットのための全体構成

図 1: 左右独立駆動方式 (A) と車体の回転軌跡および自律型のための全体構成 (B)

## 2.1 ロボット単体の設計方針

ここで製作するロボットは自律型で、リモートコントロールで外部より人により操作されるものではなく、あくまでも自力で動作するものである [1]。そのため、行動判断を行なうための頭脳となる CPU や、駆動に必要なモータや電源、外部の環境を認知できるセンサなどの機能を一通り備えておく必要がある。ただその機能は、最低限の目標を達成できる程度でよく、また、ロボット自身の構造を簡単に且つ低コストにという目的から必要最小限とする。

### ロボットの駆動方式

今回の目的として、ロボット単体の動作は 2 次的に前後左右に移動できるだけでよく、しかも操舵方式をできるだけ単純で制御がし易いように、図 1 の (A) に示すような左右独立駆動方式を採用した [1]。駆動のための心臓部となる動力源は、自律型ロボットでは外部からの電源供給を受けにくいために大きな制約から選択の幅は限られる。そのため、動力となるモータには直流数 V 程度の DC モータかステッピングモータの選択枝があるが、ここでは入手も容易で比較的安価で制御もしやすい模型用の 3V 程度の DC モータを用いた。

### 自律型のための制御構成

ロボットが自律的に行動するにはその頭脳となる CPU が必要不可欠となる。最近 PIC (Peripheral Interface Controller) が各種出回っており、性能や安価であるのは魅力的である [8]。しかし将来の拡張性を考慮した場合機能面で劣るので、今回は CPU として比較的安価で、しかも機能が豊富で開発環境も一通り揃った H8CPU を用いたワンボードマイコン (秋月製 H8/3048F) を使った [7, 9]。CPU を中心とした自律型ロボットの全体構成図が図 1 (B) である [1]。

ロボットが自律的に外部の環境および他のロボットの認識するには、自分自身にセンサを取り付けることが必要不可欠となる。ただ単に障害物に触れたかどうかを検知する接触センサ、障害物までの距離を計る超音波センサ、直接まわりの画像を取り込んで処理することのできるテレビカメラ (CCD) など、目的やセンサの性格によっていろいろな選択方法がある。しかし、機能が高ければそれなりに回路や制御が複雑でコストもかかる。

その他、供給電源は自律型ロボットにおいて重要な課題である。電池など自身に搭載する以上、重量や容量等はロボットの性能に大きく影響する。

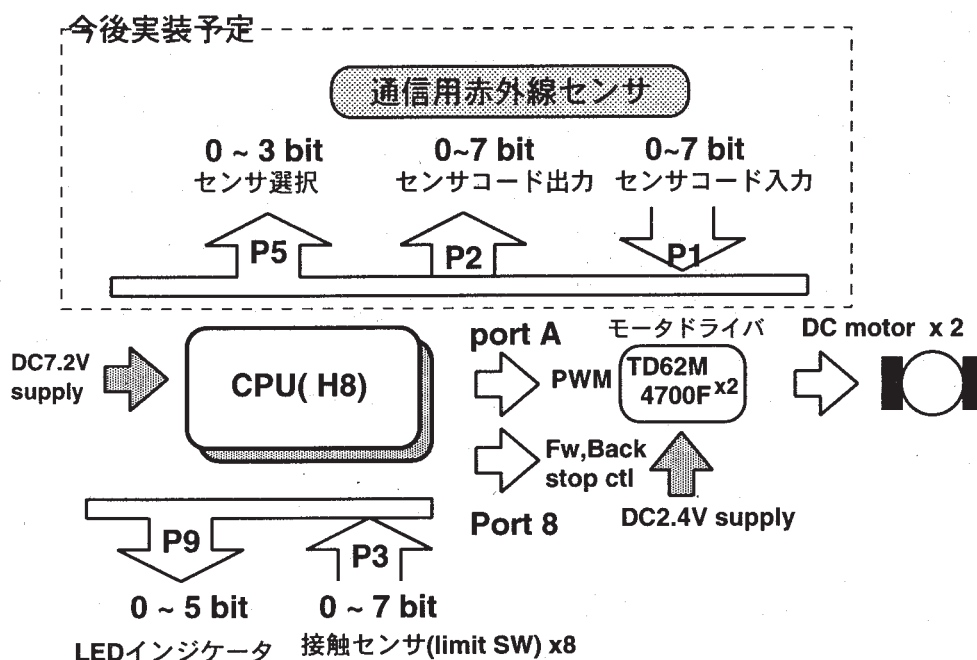


図 2: 製作した回路のブロック図

### 3 ロボットの製作およびソフトウェアの実装

図 1の (B) の全体構成図に従いロボットを製作した。また、ロボット自身を動作させるための基本的なプログラムを考え、実装した。

#### 3.1 ロボットの製作

製作した回路のブロック図を図 2に示す。

まわりの環境(壁などの障害物や他のロボット)を認識するセンサとして、今回の目的はとりあえず第 1 段階として障害物との衝突の有無だけを判断できるだけでよく、また低コストで回路も単純で済むので、接触センサ(リミットスイッチ)を用いて車体の 8 方向に取り付けた。

供給電源には比較的安価に入手しやすく取扱いやすい充電式の単 3 型 (1.2V, NiMH) 電池を組み合わせ、CPU 等の回路系と DC モータ用との 2 系統を組み合わせで用いた。

図 3(A)(B) は今回作成したロボット単体の外観である。

この製作したロボットを用いて相互作用やロボット同士の協調行動を観察するためには複数体のロボットが必要である。そのため、同じ規格の 3 体のロボットを製作した。図 4は現在までに製作した 3 体の群ロボットである。

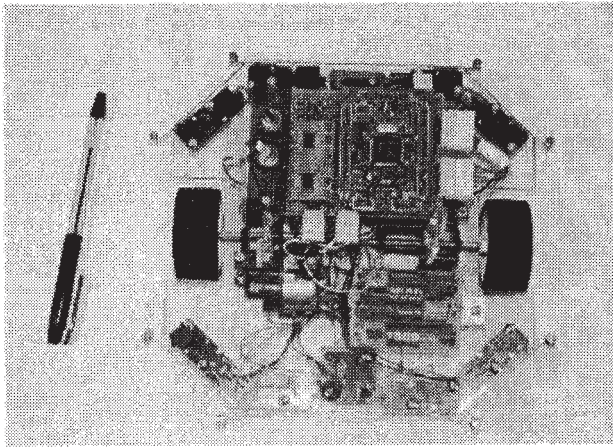
#### 3.2 動作させるためのソフトウェアの実装

動作プログラムを C 言語を用いて作成した。定常状態では前進走行を続け、センサにより障害物(壁や他のロボットなど)を感知し、そのセンサの位置によりそれに応じた速度や方向制御の回避パターンを実行する。その回避行動は今のところルールとしてあらかじめ用意しておく。

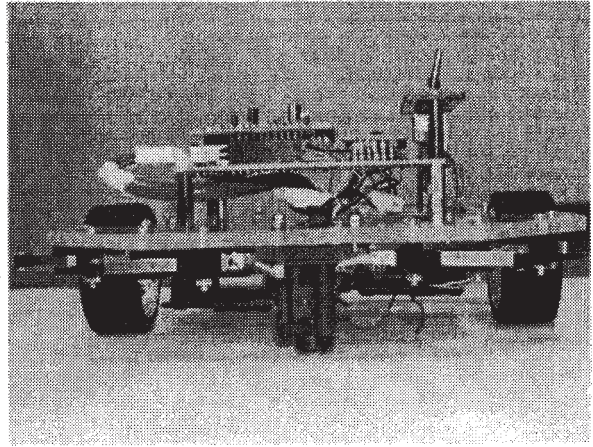
そのルールの基本は、

*if*(センサからの状況判断) *then* (行動決定の決定と実行)





(A) 上面からの写真



(B) 正面からの写真

図 3: 今回製作したロボット単体の外観

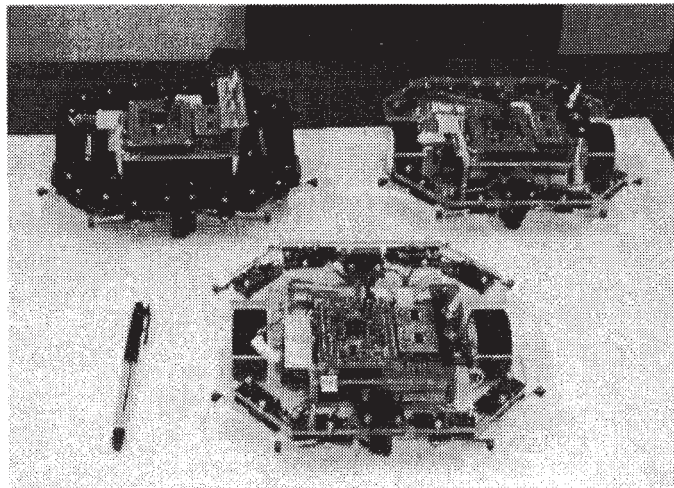


図 4: 3 体の相互作用観察用ロボット

で表されるような IF-THEN ルールで構成する.

具体的の実装した主な状況判断と回避行動は,

1. *if* (前面センサ ON or 右前側センサ ON) *then* (少し後退して左 90° 回転) ⇒ 【考えられる状況】前方か右前方に障害物
2. *if* (左前側センサ ON) *then* (少し後退して右 90° 回転) ⇒ 前方か左前方に障害物
3. *if* (後面センサ ON or 左右後センサ ON) *then* (一定時間速度を上げる) ⇒ 後方から他のロボットが衝突

である. ただし, 回避行動中の障害に対しての対策はまだ実装していない.

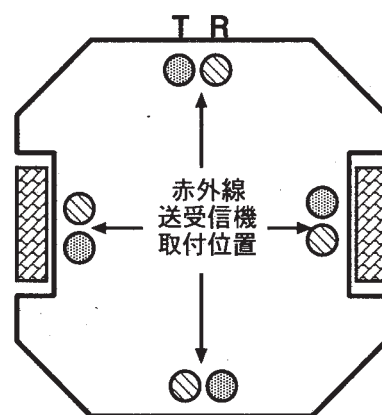


赤外線のFrame format(40bit)



Frame format のデータ部(16bit)

(A)



(B)

図 5: 赤外線送受信機データフォーマット (A) と取付位置 (B)

### 3.3 ロボット間のコミュニケーション

最初に述べたように、これまでに製作した機能だけのロボット、すなわち、障害物を回避するだけの反射機能ロボットでも、観察を続けるとあたかも相手のロボットと協調しているような相互作用を見ることができる [3, 4, 2]。しかし、自分自身の状況やまわりの環境はある程度把握できるが、他のロボットや離れた環境の様子を知ることは不可能である。

そこで次の目標として、現在構想の段階で未実装ではあるが、ロボットに通信機能を追加してロボット間でコミュニケーションが取れるように試みる。また、ロボット間のコミュニケーションを取り入れることでロボット相互の協調行動を積極的に行なわせる。例えば、ロボット間で役割分担をしたり、間に障害物がなく通信可能距離内であれば離れた場所の環境情報を他のロボットから得ることができる。

ロボット間の通信には赤外線を用い、その方式は赤外線送受信機で使われているようなコード変調通信方式を用いる [5, 8]。図 5 の (A) は赤外線送受信機間でデータのやり取りを行なう際のフォーマットとである。

通信を行なうための方式は、通信速度:600  $\mu$  sec/1bit, 変調周波数:38KHz, 通信時間 24msec(40bit/frame) とする。また送受信の制御は専用 IC ではなく、PIC(16F84A) を用いて行なう。送受信機は後で述べるように 4 対用いるため、CPU とのデータ通信はマルチプレクス方式とする。送受信用データとしてロボットの ID に 3bit(0~7), ロボット間のコミュニケーションデータとして 5bit(0~1FH) 用いる。ロボット ID は受信した信号の発信元を識別するために用い、自分自身であれば障害物からの反射であると見做す。またコミュニケーションデータの内容については現在検討中である。

ロボットへの取り付けは図 5(B) のように前後左右の 4 箇所とする。これで通信相手のロボットや障害物の方向がほぼ特定でき、通常は 1 箇所からの信号で方向が決められるが、2 箇所から信号を受信した場合、例えば前と左の場合、相手は左前方と見做すことができる。

## 4 おわりに

今回の日常研修を通して実機を用いた小型群ロボットの協調行動を観察するためのシステムの第 1 歩となる土台作りができた。この 3 体のロボットにより単純な相互作用や協調行動を観察することができ

る。また、これらの自律型の小型ロボットの製作に関し、一部ではあるが当初の目的であった比較的簡単な構造で低コストなロボットの開発技術を修得することができた。

ただ、最終目標に到達するまでは多くの課題が残されている。

当面の課題として、ロボット単体としては、まず障害物等に出会った時の行動パターンは現在まだ単純なので、いろいろな状況を想定して対処行動を行なうアルゴリズムを検討する必要がある。また、まわりの環境を得るためのセンサは現段階では初歩的な接触センサのみの構成であるが、ほかの数種類のセンサと組み合わせてより多くの情報を得られるようにしてやることが重要である。

群ロボットとしては、現在検討中である赤外線送受信機によるロボット間のコミュニケーションの確立や他のロボットの行動などを把握するようなプログラムの実装すること等が挙げられる。

その他、研修のもうひとつの大きな目標である群ロボットの行動観察を自動で行なうシステムの構築に取り掛かることである。

## 謝辞

この研修を実施するにあたって、深いご理解を賜りました、工学部知能システム工学科理と匠の研究室の小倉久和教授、黒岩丈介助教授、高橋勇助手、同じく知能モデリング研究室の小高知宏助教授に深く感謝致します。

また、回路に必要なプリント基板作成技術や赤外線送受信機技術について御指導を賜りました福井大学技術部第3技術室の酒井孝則技術官にも併せて深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] 白井治彦, 小高知宏, 小倉久和 “ものづくり教育としてのロボットシステムの構築”, 福井大学工学部研究報告, Vol.49, No.2, pp.227-237, 2001.Sep.
- [2] 朝田ゆかり, “マルチエージェントシステムの構成と実装”, 福井大学工学部知能システム工学科平成14年度卒業論文, 2003.3.
- [3] Alexander K.Dewdney, “ブライデンデルクの研究録”, 日経サイエンス
- [4] Alexander K.Dewdney, “インセクトイドがロボット世界を侵略する”, 日経サイエンス, 1991, Sep.
- [5] 酒井 他, “2001年度技術報告集”, 福井大学技術部, Vol.7, pp.91-94, 2002.Apl.
- [6] 藤沢幸穂, “H8 マイコン完全マニュアル”, オーム社, 2000.
- [7] 日立, “H8/3048F-ZTAT ハードウェアマニュアル”.
- [8] ホームページ「電子工作の実験室」, [HTTP://www.picfun.com/](http://www.picfun.com/)
- [9] 仙台電波高専電子制御工学科熊谷研究室ホームページ, [HTTP://www.sendai-ct.ac.jp/~ckuma/](http://www.sendai-ct.ac.jp/~ckuma/)